

**LAMK** Lahden ammattikorkeakoulu  
Lahti University of Applied Sciences

# KONFIGURAATTORI- TYÖKALUN TOTEUTUS HIHNASYÖTTIMELLE

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Sami Jaakonaho

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

JAAKONAHO, SAMI:

Konfiguraattorityökalun toteutus  
hihnasyöttimelle

Mekatroniikan opinnäytetyö, 39 sivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa modulaarinen ja konfiguroitava tuoterakenne sekä tarvittavat konfigurointitoiminnallisuudet Lahti Precision Oy:n tuotteisiin lukeutuvalle hihnavaakasyöttimelle. Aihe oli osa tuotteen parissa tehtyä kehitystyötä.

Hihnavaakasyöttimiä käytetään teollisuudessa kiinteään irtomateriaalin punnitukseen ja annosteluun. Tuotteen avulla voidaan syöttää materiaalia prosessiin tarvittava määrä halutulla massavirralla. Laitteelta vaadittavat ominaisuudet määräytyvät pitkälti materiaalin ja käyttökohteen mukaan, joten mahdollisuus konfigurointiin nopeuttaisi laitteen määrittelyä tarjous- ja tilausprosessien edetessä.

Laitteen mekaaninen suunnittelu tehtiin käyttäen Solidworks-mallinnusohjelmaa ja SolidPDM-tuotetiedonhallintajärjestelmää, joka puolestaan kytkeytyi Lean System -toiminnanohjausjärjestelmään, jonka sisäisiä konfigurointitoimintoja työhön käytettiin. Tavoitteena oli tuottaa konfigurointitoiminnallisuudet, jotka tarjoaisivat tietoa laitteen määrittelyyn sekä konfiguroinnin edetessä tuottaisivat tuotantovalmiin valmistusrakenteen.

Opinnäytetyön teoreettisessa osassa käsiteltiin massaräätälöintiä, konfigurointia ja modulaarisuutta yleisellä tasolla tarjolla olevan alan kirjallisuuden avulla.

Opinnäytetyön aiheena oleva projekti antoi arvokasta tietoa massaräätälöinnin mahdollisuuksista ja toteutustavoista. Kehitystyö tuotteiden massaräätälöinnin toteuttamiseksi jatkuu yrityksessä tämän opinnäytetyön jälkeenkin.

Asiasanat: massaräätälöinti, konfigurointi, modulaarisuus

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

JAAKONAHO, SAMI:

Configurable belt feeder

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 39 pages

Spring 2018

ABSTRACT

---

The subject of the Bachelor's thesis was to produce a modular and configurable product structure and the necessary configuration functions for a belt feeder which is one of the products of Lahti Precision Ltd. This topic was part of their product development work.

Belt feeders are used in the industry for weighing and dispensing all kinds of solid bulk materials. For example, belt feeder can feed material into a process with a desired mass flow. The features required by the device depend on the material and the use, so the possibility of configuration would speed up the determination of the equipment as tendering and ordering processes proceed.

The mechanical design of the device was done by using the Solidworks modeling software and the SolidPDM product information management system, which was linked to the Lean System operation management system. The internal configuration tools of LS were used in the work. The aim was to produce configuration functions that would provide information for the definition of the device. And produces the manufacturing structure as the configuration progresses.

The theoretical part of the thesis focused on mass customization, configuration and modularity in general using literature regarding mass customization.

The project provided valuable information on the possibilities and methods of mass customization. Development work for the mass customization continues in the company after this thesis.

Key words: mass customization, configuration, modularity

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Yritysesittely	2
2	MASSARÄÄTÄLÖINTI	3
2.1	Massaräätälöinnin määritelmä	3
2.2	Massaräätälöintiin siirtyminen	5
2.3	Massaräätälöinnin haasteita	6
2.4	Tiedon hallinta	7
3	TUOTEKONFIGUROINTI	10
3.1	Määritelmä	10
3.2	Konfiguroitava tuote	10
3.3	Konfiguraattori	10
3.4	Myyntikonfigurointi	12
4	MODULAARISUUS	14
4.1	Modulaarisuuden merkitys massaräätälöinnille	14
4.2	Moduuli	15
4.3	Modulaarisuuden tyyppejä	16
4.4	Moduloinnin toteutus	18
5	CASE HIHNAVAAKASYÖTIN	21
5.1	Hihnavaakasyötin	22
5.2	Laitteen linjaukset	23
5.3	Konfiguroitavan rakenteen suunnittelu ja modulaarisuus	24
5.4	Megarakennemalli	26
5.4.1	Osanumerointi	27
5.4.2	Konfigurointiehdot	28
5.5	Konfigurointinäkyvä ja ominaisuudet	29
5.5.1	Konfigurointiominaisuudet	29
5.5.2	Kaavat ja ehdot	30
5.6	Konfigurointiprosessi	31
5.6.1	Konfiguraattori	32
5.6.2	Settirivit ja tilausvahvistus	33
5.7	Valmistusrakenne ja dokumentit	34

5.8	Konfiguraattorin ylläpito ja päivittäminen	35
5.9	Konfiguroitavan laitteen valmistaminen	35
6	POHDINTA	36
7	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38

## LYHENTEET JA MÄÄRITTEET

ATEX	Vanhemmalta nimeltään Ex-määräys. Tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskettavaa lainsäädäntöä.
CC-mitta	Center to center -mitta. Hihnakuuljettimissa yleisesti käytetty tapa ilmoittaa matka vetorummun keskiakselista taittorummun keskiakseliin.
ERP	(Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen tietojärjestelmä, jonka avulla hallinnoidaan tietoa ja toimintojen vaiheistusta esimerkiksi tuotannossa, varastonhallinnassa, laskutuksessa ja kirjanpidossa.
Nimike	(Item) Dokumentin, komponentin, raaka-aineen, tuotteen tai palvelun nimitunniste, jolla se yksilöidään yrityksen järjestelmissä.
Rakennemalli	Osaluettelo (BOM) kuvaa, mistä alemman tason osista ja rakennemalleista nimike koostuu.
Valmistusrakenne	Valmistusrakenteella esitetään lopputuotteen tilauskohtainen rakenne.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Yhä useammat suomalaiset yritykset kilpailevat alati kovenevilla kansainvälisillä markkinoilla, joilla menestymisen ehtona on kilpailukyvyyn jatkuva kehittäminen. Liiketoiminnan globalisaation johdosta yritysten on pyrittävä etsimään kilpailuetua halvemman kustannustason maiden yrityksiin nähden sekä hakeuduttava kasvaville markkinoille. Tuotteiden massaräätälöinti onkin noussut tärkeäksi keinoksi vastata tehokkaasti ja nopeasti asiakkaiden muuttuviin vaatimuksiin ja parantaa toiminnan tehokkuutta.

Tämä opinnäytetyö on tehty Lahdessa toimivalle Lahti Precision Oy:lle, joka suunnittelee ja tuottaa punnitus- ja annosteluteknologiaa useille teollisuuden aloille. Vienti muodostaa merkittävimmän osan yrityksen toiminnasta, joten yrityksen on pyrittävä säilyttämään ja parantamaan kilpailukykyään suurien ulkomaisten alan toimijoiden rinnalla.

Lahti Precision Oy:ssä on pyrkimys asteittain siirtyä konfiguroitaviin tuoterakenteisiin projektiliiketoiminnassa. Siirtyminen tulisi helpottamaan laitteiden ajan tasalla pitämistä kokoamalla koko tuoteperheen rakenteet ja tiedot samaan tuoterakenteeseen sekä selkeyttämään tuoterakennetta modulaarisuuteen pyrkivällä ajattelumallilla. Aiemmin vakiolaitteiden päivitys ajantasaisiksi on saattanut jäädä vähälle huomiolle johtuen projektitoiminnan luonteesta, tuoteperheiden suurista mallivalikoimista ja joidenkin mallien hyvin harvasta menekistä.

Toimiva konfiguraattorityökalu nopeuttaisi vakiolaitteiden määrittelyä ja tarjoaisi tärkeitä tietoja myös muun suunnittelutyön tarpeisiin, koska melkein aina laite liittyy suurempaan toimituskokonaisuuteen.

Konfiguraattorin tarkoitus on toimia myös myyntityökaluna, joka nopeuttaa tarjousprosessin etenemistä tarjoamalla ajantasaisia kustannus-, mitta- ja painotietoja sekä ohjaamalla tekemään suositeltavia valintoja laitteen ominaisuuksia valittaessa. Pyrkimys on myös konfiguroinnin myötä yhtenäistää ja luoda selkeä linja asiakkaalle tarjottujen ominaisuuksien

nimityksistä, jotta asiakkaalle saadaan sopivan informaatiopitoinen ja mahdollisimman myyvä tarjous.

Opinnäytetyön esimerkkiosuus käsittelee hihnavaakasyöttimen, yhden Lahti Precisionin vakiotuotteisiin kuuluvan laitteen, rakenteiden päivitys- ja konfigurointiprojektia, joka toteutettiin kesällä 2017.

## 1.2 Yritysesittely

Lahti Precision (kuva 1) on punnitusteknologian alalla jo yli 100 vuotta toiminut yhtiö. Yrityksen päätoimipaikka sijaitsee Lahden Sopenkorvessa, missä yritys suunnittelee sekä myös valmistaa ja kokoonpanee tuotteitaan.

Yrityksen tuotteita ovat erilaiset punnitus-, annostelu- ja irtomateriaalien käsittelylaitteistot, kuljettimet sekä sekoittimet moninaisiin prosessiteollisuuden tarpeisiin. Myös yksittäiset punnituskomponentit, punnitusautomaatio ja punnitustiedon hallintajärjestelmät kuuluvat yrityksen tuotteisiin. Yritys tuottaa asiakkailleen lisäksi elinkaaripalveluita, kuten varaosa-, huolto-, kalibrointi- ja varmennuspalveluita. Tärkeimpiin toimituksiin lukeutuvat lasitehtaiden raaka-ainelaitokset, laasti- ja tasoitetehtaat sekä niihin liittyvä annostelu- ja punnitusteknologia, mutta myös kaikenlainen irtomateriaalien annosteluun ja käsittelyyn liittyvä teknologia. Myös yrityksen ensimmäisiin tuotteisiin lukeutuvat erilaiset pöytävaa'at ja muut pienemmät vaa'at ovat yhä mukana yhtiön tuotevalikoimassa. (Lahti Precision Oy 2018.) Niiden merkitys on kuitenkin jäänyt vähäiseksi muiden punnitus- ja prosessiteollisuuden tuotteiden ohella.

Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa yrityksessä työskentelee noin 140 henkilöä. Toimihenkilöistä valtaosa työskentelee tuotesuunnittelun parissa.



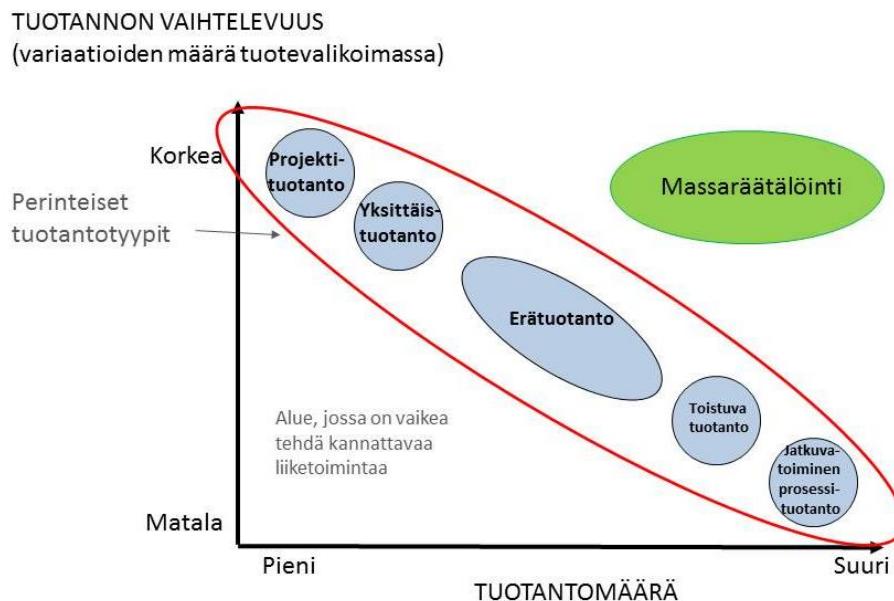
Kuva 1. Lahti Precision (Lahti Precision Oy 2018.)



## 2 MASSARÄÄTÄLÖINTI

### 2.1 Massaräätälöinnin määritelmä

Massaräätälöinnin pääideana on tarjota massatuotannon keinoin tuotettuja, mutta asiakkaiden muuttuviin tarpeisiin vastaavia tuotevariantteja. Perinteinen massatuotanto on toimintatavoiltaan tehokas, mutta ei kykene joustamaan yksittäisen asiakkaan tarpeiden mukaan. Joustamattomuus rajaa asiakkaiden määrää, sillä usein on kannattamatonta pitää riittävän montaa erilaista tuotevarianttia massatuotannossa. Toisena ääripäänä voidaan pitää uniikkia käsityötä, joka kyllä palvelee asiakkaan tarpeet, mutta jolla toiminnoista ei kyetä tekemään riittävän tehokkaita suuren asiakasjoukon palvelemiseen kustannustehokkaasti. (Ahoniemi, Mertanen & Mäkipää 2007, 15 - 16.) Massaräätälöinnissä (kuvio 1) pyritään siis keräämään hyvät puolet molemmista tuotantotavoista tähdäten sekä suuriin variaatiomääriin että suuriin tuotanto- ja myyntimääriin. Tämä on alue, jota on perinteisissä tuotantotyypeissä pidetty mahdottomana toteuttaa. (Martio 2015, 18 - 19.)



Kuvio 1. Massaräätälöinti verrattuna perinteisiin tuotantotyyppeihin (Logistiikanmaailma 2018.)

Aika on massaräätälöinnin tärkeä mittari. Lyhentämällä jokaiseen työvaiheeseen kuluva aikaa kyetään nopeammin vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Merkittävin vaikutus on tarvittavan työajan väheneminen tuotesuunnittelussa, koska suurimmat kustannukset ja läpimenoaika usein määräytyvät suunnitteluvaiheessa. (Sarinko 1999, 13.)

Massaräätälöinnin ideologia ei rajoitu ainoastaan tuotantotapojen muutokseen, vaan se merkitsee jatkuvaa kehitystä muun muassa tilauksen vaiheiden ja tilaustiedon saumattoman käsittelyn kehittämiseksi. Tavoitteena on vähentää eri työvaiheiden ja prosessien välillä olevia porrastuksia (kuvio 2), jotka aiheuttavat seisahduksia ja päällekkäisiä työtehtäviä. (Gardner 2009, 11.)



Kuvio 2. Konfiguraatitiedon kulku läpi organisaation (Gardner 2009, 11)

Massaräätälöinnin käsite on laaja, ja se kattaa useita prosesseja aina tuotteen myynnistä toimitustapahtumaan saakka. Keskeisin tavoite onkin kehittää yrityksen toimintaprosesseja niin, että tuotteella kyetään palvelemaan mahdollisimman laajan asiakasjoukon tarpeita. Tavoite vaikuttaa koko yrityksen toimintatapoihin, esimerkiksi tuotekehityksessä pyritään pienempien kokonaisuuksien jatkuvaan kehittämiseen. (Martio 2015, 18 - 19.) Prosessit voidaan jakaa neljään osaan. Myyntiprosessissa määritetään tuotteen asiakastarve vuorovaikutuksessa asiakkaan kanssa. Konfigurointiprosessi puolestaan kykenee muuntamaan asiakastarpeet tuotantokelpoiseksi tuotekonfiguraatioksi. Tuotantoprosessi pyrkii

mukautumaan asiakaskohtaisesti räätälöityjen tuotteiden tuotantoon ja toimitusprosessi pyrkii säilyttämään tuoteyksilön identiteetin ja tiedot koko prosessin ajan. (Martio 2015, 193.)

## 2.2 Massaräätälöintiin siirtyminen

Massaräätälöintiin siirtymisen aikatauluttaminen ja siirtymisen laajuus riippuvat paljon yrityksen tilanteesta markkinoilla. Siirtyminen voidaan tehdä vähitellen pieninä yksittäisinä askelina, jos yrityksen tilanne markkinoilla on rauhallinen ja kannattava. Pienistä kerta-askelista koostuu aina suurempia muutostyökokonaisuuksia, joiden avulla asiakkaita voidaan palvella entistä laadukkaammin ja tehokkaammin. Usein vähitellen tehty muutos antaa aikaa paneutua paremmin yksityiskohtiin, mutta varjopuolena kokonaiskuva saattaa jäädä hämäräksi, mikäli kehitystyötä tehdään liian suppealla asiantuntijajoukolla esimerkiksi vain suunnittelijoiden kesken. Asteittaisten muutosten avulla työntekijät myös oppivat uusista menettelytavoista ja voivat paremmin osallistua kehityskeskusteluun. (Sarinko 1999, 15.)

Jos yrityksen markkinatilanne on huono johtuen esimerkiksi kilpailijoiden etumatkasta tai markkinoiden epätasaisuudesta, voi parempi vaihtoehto olla nopea toimintatapojen muutos. Tällöin muutoksen on lähdettävä yrityksen johdosta ja osallistettava koko tuotteeseen liittyvä henkilökunta. Usein tämä tarkoittaa jopa tuotteen uudelleen suunnittelua. Eräs keino on myös luoda täysin uusi liiketoiminta, jonka prosessit alusta alkaen suunnitellaan tuotteen massaräätälöintiä silmällä pitäen. Näin meneteltäessä tuotteeseen liittyvän aiemman organisaation jäykkyys ei ole rasitteena massaräätälöintiin siirtymisessä. (Sarinko 1999, 16.)

Työntekijöille on tarpeen perustella tarkoin uudistuksen syyt ja antaa näkemys vallitsevasta kilpailutilanteesta. Työntekijöille on myös saatava iskostettua ajatusmalli, jossa massaräätälöinti on luonteeltaan jatkuvasti kehitettävä prosessi, jota on koko ajan pyrittävä kehittämään vastaamaan paremmin asiakkaiden tarpeita. (Sarinko 1999, 16.)

### 2.3 Massaräätälöinnin haasteita

Usein eniten haasteita aiheuttava tekijä massaräätälöintiin siirryttäessä on muutostahdin nopeus, jolloin mm. suunnittelutyöhön ja muuhun kehitykseen ei jää riittävästi aikaa ja kehitystyön resursseja on saattanut syödä kiireellä tehty tuotantokapasiteetin kasvattaminen. (Ahoniemi ym. 2007, 34.) Haasteelliseksi osoittautuu monesti myös tuotteen mahdollisten optioiden ja konfiguraatiomallien määrä ja niiden hallinta, ylläpito sekä yleisesti tuotteeseen liittyvien muutosten hallinta. Tiedonvälitys- ja IT-ongelmia saattaa myös esiintyä johtuen mahdollisista järjestelmä uudistuksista. Myös tuoterakenteen modularisointi voi osoittautua haastavaksi, varsinkin jos moduloidaan jo olemassa olevaa tuotetta. (Ahoniemi ym. 2007, 35.)

Heikon tiedonkulun vaarana on, että työntekijät eivät ymmärrä kokonaisuutta ja tiettyjen yksityiskohtien merkitystä, koska tuotteen variointi tapahtuu aivan prosessin alkuvaiheessa. Samasta syystä monesti myös asiakkaiden tuotetuntemus on vähentynyt. (Ahoniemi ym. 2007, 36.) Ongelmaksi voi muodostua myös tuotannon tehottomuus yksittäisten räätälöityjen tuotteiden tuotannossa. Usein tämä johtuu siitä, että painopiste on liiallisesti ollut suunnittelunäkökulmassa, eikä kehitystyössä ole ollut riittävää yhteistyötä osastojen välillä. Yhteistyön puute voi näkyä myös huonosti toteutetussa valmistusdokumentaatioissa, joka voi aiheuttaa sekaannuksia ja virheitä. (Gardner 2009, 13.)

Siirtymävaihe tuottaa lähes aina eritasoisia ongelmia, mutta osa niistä ratkeaa ajan myötä, kun standardoidut ratkaisut yleistyvät ja tuoterajapinnat määrittyvät. Ongelmien ratkomiseen ja kehitystyöhön on kuitenkin oltava valmis investoimaan, jotta yrityksessä syntyisi jatkuvaa kehittämistä tukeva toimintamalli. Tärkeää on paikantaa ja keskittyä ongelmien taustalla oleviin syihin, eikä keskittyä korjailemaan samoja virheitä kerta toisensa perään. (Ahoniemi ym. 2007, 35.)

## 2.4 Tiedon hallinta

Asiakaskohtaisesti räätälöityjen tuotteiden vaiheet myyntitapahtumasta valmistukseen ja toimitukseen edellyttävät hyvää tuotteeseen liittyvän tiedon hallintaa, jotta toiminta olisi tehokasta. Tiedon tuottaminen ja käsitteleminen virheettömästi ja nopeasti onkin massaräätälöintiin suuntautuvan yrityksen elinehto. (Sarinko 1999, 64.) Vanhentunut tai muuten väärä informaatio voi aiheuttaa sekaannuksia ja jopa tappiollisia toimituksia (Ahoniemi ym. 2007, 69). Informaation kulussa olisi tärkeintä, että tieto ei jää seisomaan, vaan sen kulkeutuminen paikasta toiseen olisi joustavaa ja mutkatonta. Tehokkaan toiminnan vaatimus on, että tarvittava tieto on aina saatavissa oikeassa muodossa ja oikeaan aikaan. (Sarinko 1999, 64.) Massaräätälöintiä palvelevan tiedonkulun toteuttaminen vaatii usein koko yrityksen toimintaideologian uudelleen miettimistä. Suurimman muutoksen edessä ovat yritykset, jotka aiemmin ovat panostaneet yksinomaan massatuotantoon. Tällöin massaräätälöintiin siirtyminen saattaa vaatia suuriakin muutoksia käytettäviin järjestelmiin. (Ahoniemi ym. 2007, 69.)

Nykyään internet tarjoaa hyvät puitteet tehokkaalle tiedonsiirrolle, mutta on samalla myös suuri tietoturvariski (Ahoniemi ym. 2007, 69). Internet mahdollistaa myös täysin uudenlaisen tavan tarjota massaräätälöityjä tuotteita erityisten asiakaskonfiguraattoreiden avulla, joita käyttäen asiakas voi räätälöidä itse tuotteensa ja samalla nähdä valintojen vaikutuksen välittömästi tuotteen ominaisuuksiin sekä hintaan. (Sarinko 1999, 66.) Edistyksellinen asiakaskonfiguraattori voisi tilauksen tapahtuessa siirtää konfiguraation valinnat suoraan yrityksen järjestelmiin, jolloin jopa tilauksen valmistusrakenne olisi valmis asiakkaan valintojen perusteella (Sarinko 1999, 65).

Mitä asiakaskohtaisempia tuotteita yritys tarjoaa, sitä suuremmiksi kasvavat dokumentoinnin vaatimukset. Kurinalaisuus on yksi tärkeimpiä tekijöitä onnistuneen dokumentoinnin toteutuksessa. Asioiden dokumentoinnista ja dokumentoinnin ylläpidosta on oltava tarkat säännöt,

jotka määrittelevät, kuinka dokumentointi toteutetaan ja kuka sen tekee. (Sarinko 1999, 65.)

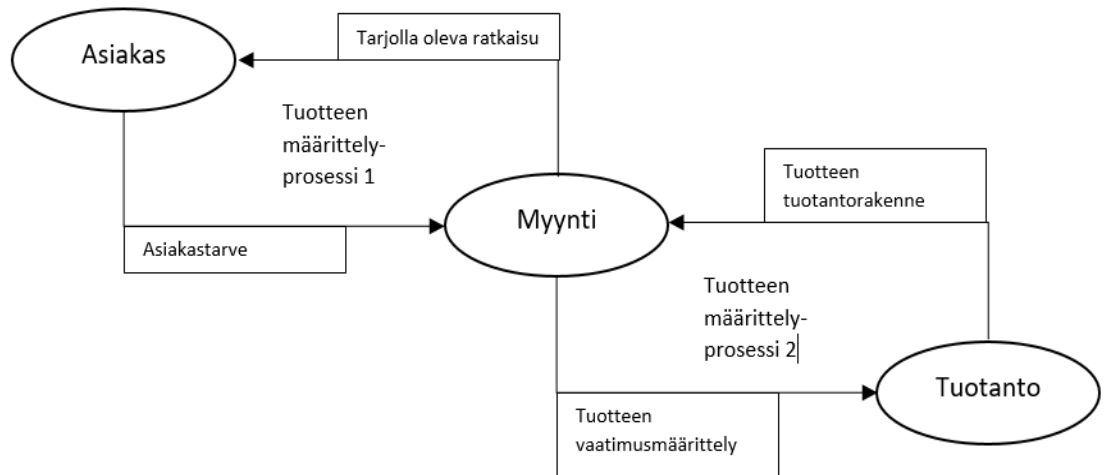
Erilaiset tuotetiedonhallinta- (PDM) ja toiminnanohjausjärjestelmät (ERP) ovat nykyaikaisia ja tehokkaita työkaluja tuotetiedon hallinnassa. PDM- ja ERP-järjestelmät ovatkin yleistyneet laajalti erilaisten tuotantoyritysten käytössä, koska niiden etuna on tuote- ja tuotantotiedon saatavuus oikeaan aikaan oikeassa paikassa. (Sarinko 1999, 65.) ERP-järjestelmän rooli on keskeinen tuotannon ja materiaalivirtojen ohjauksessa, mutta yleensä ne ovat laaja-alaista toiminnallisuutta sisältäviä ja koskettavat tyypillisesti koko organisaatiota (Ahoniemi ym. 2007, 67). PDM taas hallitsee tuotteen dokumentaatiota. Järjestelmien tavoitteena on edistää tiedonsiirtoa suunnittelun ja tuotannon välillä, sekä ylläpitää tuotetiedot täsmällisesti. Tavallisesti PDM-järjestelmään talletetaan tuotteen piirustuksia, fyysinen komponenttirakenne, materiaalilistoja, kaavioita sekä komponentti- ja moduulilistoja. (Ahoniemi ym. 2007, 72.)

Massaräätälöinnin kannalta oleellista on, että järjestelmät kykenevät käsittelemään ja välittämään tietoja asiakaskohtaisen tuotannon mahdollistamiseksi. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi tuotteen asiakaskohtainen tuoterakenne, josta käyvät ilmi tuotteen tiedot, dokumentaatio ja jopa moduuli-/komponenttitason hinta- ja saatavuustiedot, joita tuotanto tai hankintaosastot ylläpitävät sekä välivarastojen hallintaan tarvittavat tiedot, koska kysyntä on arvaamatonta. Tärkeitä tietoja ovat myös hankintatoimen ja toimitusketjuyhteistyön vaatima informaatio. (Ahoniemi ym. 2007, 68.)

Tärkeä toimintaa tehostava ja virheen mahdollisuutta vähentävä seikka on järjestelmien mahdollinen yhteensopivuus, integraatio tai vaihtoehtoisesti kaikkien vaiheiden hoitaminen samassa järjestelmässä. Tällöin tietoa ei jouduta uudelleen syöttämään uuteen järjestelmään ja virheen mahdollisuus tältä osin voidaan sulkea pois. (Sarinko 1999, 65.)

Tavoiteltavaa olisikin, että ERP-järjestelmä kykenisi käsittelemään jokaisen tilauksen erillisenä ja välittämään tiedot asiakaskonfiguraatiosta ja suunnittelutyöstä läpi koko hankinta-, tuotanto- ja jakeluketjun (kuvio 3).

(Ahoniemi ym. 2007, 67.) Järjestelmän valinnassa olisi tärkeää, että uusi järjestelmä tukee suunniteltua toimintamallia. Väärä lähtökohta on poiketa suunnitellusta toimintamallista sen vuoksi, että uusi järjestelmä ei sitä tue. (Sarinko 1999, 65.)



Kuvio 3. Tiedon siirtyminen tilauksen eri vaiheissa

Massaräätälöinnin tärkeimpiin ajatusmalleihin kuuluu toiminnan jatkuva parantaminen, joten käytettävien järjestelmien tulee myös tukea tätä ajatusta olemalla helposti toiminnoiltaan räätälöitäviä ja ajan tasalla pidettäviä. Toimintaperiaatteisiin tulee usein muutoksia, jolloin helppo päivitettävyyden säästää työaikaa. Muutosten tekemistä helpottaa myös selkeä dokumentaatio massaräätälöinnin toimintaperiaatteesta järjestelmissä. Jos prosessien toimintaperiaate on epäselkeä ja sen vuoksi aikaa vievä, jää ylläpito todennäköisesti tekemättä.

### 3 TUOTEKONFIGUROINTI

#### 3.1 Määritelmä

Konfiguroinniksi kutsutaan prosessia, joka ennalta määriteltyjen ehtojen puitteissa jalostaa annetut lähtötiedot, kuten asiakasvaatimukset seuraavan osaprosessin vaatimaan muotoon (esim. valmistusdokumentit). Konfiguroinnin kulkua ohjaa ennalta määriteltyjen konfigurointiehtojen joukko eli konfigurointimalli. Tuotekonfiguroinnissa annetut lähtötiedot ovat lähtökohtaisesti valmistettavan tuotteen ominaisuuksia. (Martio 2015, 13 - 23.) Konfiguroinnin pääasiallinen tavoite onkin tehostaa kykyä mukautua asiakkaiden vaatimuksiin ja keventää prosessia asiakaskohtaisten tuotevariaatioiden valmistuksessa (Sarinko 1999, 23).

#### 3.2 Konfiguroitava tuote

Konfiguroitava tuote on tuotevariantti eli tuoteyksilö, joka muodostetaan lähtötietojen perusteella tuoteperheen konfigurointimallista, joka kattaa tuotteen kaikki mahdolliset variaatiot. Näin ollen toisin kuin massatuote, konfiguroitava tuote suunnitellaan asiakkaan vaatimukset huomioiden. Kaikkia vaatimuksia ei kuitenkaan ole kannattavaa ottaa huomioon konfiguroitavaa tuotetta suunniteltaessa, vaan tuote suunnitellaan kattamaan tietyn joukon erilaisia tarpeita. Pyrkimyksenä on, että jokainen tuoteyksilö muodostuu esisuunnitelluista komponenteista, moduuleista, eikä lisäsuunnittelua tarvita. (Sarinko 1999, 24 - 25.)

#### 3.3 Konfiguraattori

Konfiguraattoriksi kutsutaan ohjelmistoa, jolla hallinnoidaan tuotteeseen liittyviä tietojoukkoja. Konfiguraattori-käsite on laaja ja se kattaa hyvinkin erilaisia ja eritasoisia toteutuksia. Teoreettisesti konfiguraattorit voidaan ryhmitellä primäärisiin, interaktiivisiin ja automaattisiin konfiguraattoreihin. (Tiihonen & Soininen 1997, 16.)



Kaikki konfiguraattorit eivät ole lähellekään samanlaisia, vaan käyttötarkoituksesta ja yrityksen linjauksesta riippuen konfiguraattoreista löytyy hyvinkin erilaisia ja eritasoisia toteutuksia. Suurimmat erot löytyvät konfiguraattorin tavoista ohjata käyttäjää tekemään suositeltavia valintoja lähtötietojen pohjalta. Konfiguraattorit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään toimintalogiikkansa perusteella, joskin usein varsinkin monimutkaiset ja laajan tuotekokonaisuuden konfiguraattorit on toteutettu yhdistelemällä erilaisia konfigurointilogiikoita.

Konfiguraattorityyppejä ovat seuraavat:

- **Primääriset konfiguraattorit.** Tuotteen moduulit ja komponentit valitaan yksitellen erilaisista luetteloista. Konfiguraattorin logiikka on hyvin vähäistä, eikä se näin ollen pysty tarkistamaan valittujen moduulien yhteensopivuutta. Primäärisen konfiguraattorin toteuttaminen on työmäärältään kevein ja sen ylläpito on vaivatonta, mutta varjopuolena konfiguraattoria käyttävän henkilön tulee olla asiantunteva ja perehtynyt konfiguroitavaan tuotteeseen.
- **Interaktiiviset konfiguraattorit.** Interaktiiviset konfiguraattorit ohjaavat käyttäjää tekemään yhteensopivia valintoja aiemmin tehtyjen valintojen perusteella. Ohjaaminen voi tapahtua esimerkiksi poistamalla tulevista valinnoista vaihtoehtot, jotka eivät ole yhteensopivia jo tehtyjen valintojen kanssa. Interaktiiviset konfiguraattorit vaativat toimiakseen jonkinlaisen sääntökannan, jossa on määritelty ehdot eri komponenttien yhteensopivuuksille.
- **Automaattiset konfiguraattorit.** Perustuvat attribuuttitiedon keräämiseen esimerkiksi tuotteen halutuista ominaisuuksista, käyttöolosuhteista ja asiakkaan tarpeista. Kerätyn tiedon perusteella konfiguraattori koostaa tuoterakenteen, eikä käyttäjän tarvitse valita yksittäisiä komponentteja. Automaattiset konfiguraattorit ovat hallinnaltaan suuritöisimpiä ja haasteellisimpia, mutta niiden etuna on helppo käytettävyys ja mahdollisten inhimillisten virheiden minimointi.

(Ahoniemi ym. 2007, 76.)

Edellä mainituista konfiguraattoreista automaattisen konfiguraattorin käyttäminen asiakasvuorovaikutuksessa vaatii vähiten asiantuntemusta myyjältä, toisin kuin primäärinen konfiguraattori, joka toimii käytännössä vain työkaluna tuoterakenteen määrittämisessä ja vaatii laajan asiantuntemuksen. Konfiguraattoritoteutuksen laajuutta suunniteltaessa on kannattavaa punnita myyntitilanteen helpottumisesta saatavat hyödyt sekä konfiguraattorin tuleva käyttöaste konfiguraattorin kehittämiseen tarvittavan työmäärän pohjalta. Usein varsinkin monimutkaisten ja paljon räätälöintiä vaativien tuotteiden kohdalla täysin automaattisen konfiguraattorin kehittäminen on suuren työmääränsä vuoksi kannattamatonta. (Ahoniemi ym. 2007, 76 - 77.)

### 3.4 Myyntikonfigurointi

Myyntikonfiguroinnin tarkoituksena on löytää tuotevalikoimasta asiakkaan tarpeisiin parhaiten vastaava variantti. Valinta tehdään keräämällä systemaattisesti olennaiset tiedot, joita verrataan tuotteen mahdollisiin ominaisuuksiin. Annettujen tietojen perusteella muodostetaan tuoterakenne ja tuote- sekä tilaustiedot. (Ahoniemi ym. 2007, 75.)

Myyntikonfiguroinnissa pyritään usein ainoastaan määrittelemään asiakkaalle tuotteen tekninen rakenne, tuotteen ominaisuudet, toimitusaika ja hintatiedot, eikä niinkään tarkkaa myyntirakennetta, josta ostaja ei todennäköisesti ole lähellekään yhtä kiinnostunut. Näin ollen mahdolliset muutokset komponenttien saatavuudessa tai laiterakenteessa eivät aiheuta tarvetta hyväksyttää asiakkaalla muutosta epäolennaisissa asioissa. Muutosten aiheuttama ongelma korostuu varsinkin tilauksissa, joiden toimitusaika on pitkä ja muutokset tuotteeseen tällä aikavälillä ovat hyvinkin mahdollisia. Tästä johtuen myyntikonfiguroinnissa olisi hyvä käsitellä niin kutsuttua myyntirakennetta, jossa ei vielä oteta kantaa yksittäisiin komponentteihin, tai komponenttien toimittajiin. Nämä yksityiskohdat tulevat ajankohtaisiksi vasta toimituksen tuotantorakennetta määritettäessä. (Ahoniemi ym. 2007, 77.) Useimmissa

konfiguraattoriratkaisuissa tieto myytävästä tuoterakenteesta voidaan siirtää suoraan valmiiksi tuotetiedonhallinnan, tuotannon ohjauksen ja hankinnan tietojärjestelmiin. Varsinkin kilpailtujen massatuotteiden tapauksissa konfigurointityön siirtäminen asiakkaalle erityisellä asiakaskonfiguraattorilla voi olla kannattavaa. Asiakaskonfiguraattorin avulla asiakkaalla on mahdollisuus tehdä tuotteeseen kohdistuvia valintoja ja vertailla valinnoista riippuvia ominaisuuksia ja hintatietoja. (Martio 2015, 30 - 32.)

Usein kaikkien mahdollisten tuotevariaatioiden ja asiakastoiveiden määrittäminen konfiguraattoriin ei ole taloudellisesti järkevää. Jos kuitenkin noin 70-80 % tilauksista on helposti johdettavissa samoista perusratkaisuista, on massaräätälöinnin ja konfiguroinnin keinoin saavutettavissa huomattaviakin toimitusaika- ja kustannusetuja. (Ahoniemi ym. 2007, 75 - 77.) Myyntikonfiguroinnin etu on myös, että se vähentää yksittäisen tarjouksen läpimenoaikaa ja siten mahdollistaa useampien tarjousten tekemistä sekä vähentää hukkatyötä tilaukseen johtamattomien tarjousten tekemisessä. Myös hinnoittelun ja tuotemäärittelyn sekä dokumentaation automatisoituminen johtavat tarjouksessa esiintyvien virheiden ja ristiriitojen vähenemiseen. (Martio 2015, 193.)

## 4 MODULAARISUUS

### 4.1 Modulaarisuuden merkitys massaräätälöinnille

Tuoterakenteen suunnittelu tai olemassa olevan rakenteen jaottelu modulaariseksi ovat tärkeimpiä työvaiheita, kun tuotetta tai tuoteperhettä aletaan saattamaan konfiguroitavaksi. Massaräätälöinnin perimmäinen idea useimmiten onkin samaistettu suoraan modulaarisen tuoterakenteen hyödyntämiseen. Modulaarista ajattelua käyttäen voidaan tuote räätälöidä hyvinkin tarkasti asiakkaan tarpeisiin, mutta samalla kuitenkin säilyttää massatuotannon tehokkuus. Modulaarisuudesta puhuttaessa on kuitenkin hyvä muistaa, että modulaarisuus on suhteellinen käsite. Se on aina kehitettävissä edelleen, eikä nopeasti tehty olemassa olevan rakenteen jaottelu tee tuotteesta välttämättä erityisen modulaarista. Täytyy myös muistaa, että tuote on vain harvoin täysin modulaarinen, sillä usein moduuleiden yhdistely vaatii tapauskohtaisia ratkaisuita, joita voivat olla esimerkiksi hydrauliiikka/pneumatiikka- tai sähköasennukset, jotka määräytyvät tuotteeseen valittujen ominaisuuksien perusteella. (Ahoniemi ym. 2007, 40 - 47.)

Moduloinnilla voidaan vaikuttaa tuotteen toimitusaikaan ja vähentää tuotantokustannuksia. Tuotteen kompleksisuutta voidaan myös vähentää moduloinnilla, jolloin tuotetta voidaan käsitellä pienemmissä kokonaisuuksissa. Tämä tuo etua etenkin tuotannossa tapahtuvien virheiden minimoinnin kautta. Moduulien määritellyt liitännät ja rajapinnat mahdollistavat tuotteen varioimisen valmiiksi suunniteltuja moduuleita vaihtamalla haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Tämä luo mahdollisuuden myös jossain määrin muunnella aiemmin myytyä tuotetta jälkikäteen moduuleita vaihtamalla tai lisäämällä. Moduloinnin varjopuolena asiakkaan vaikutusmahdollisuudet valmistettavaan tuotteeseen voivat huonontua verrattuna yksittäin suunniteltavaan projektituotteeseen. Tuoteperheen vakiomoduleiksi kannattaa määritellä sellaiset rakennekokonaisuudet, joita edelleen laitekohtaisesti kehittäessä ei saavutettaisi merkittävää hyötyä. (Martio 2015, 192.)

## 4.2 Moduuli

Moduulilla tarkoitetaan rakenneosiltaan vakioitua ja liitännöiltään standardisoitua yksikköä, joka on yhdistettävissä ja korvattavissa toisilla moduuleilla. Tällainen yksikkö voi olla yksittäinen osa (esim. jokin ostokomponentti) tai alikokoonpano. Moduulien ansiosta valmistettava tuote pystytään valmistamaan pienemmissä itsenäisissä valmistuskokonaisuuksissa, joiden hallinta tuotannossa on helpompaa kuin yksittäisen räätälöidyn tuotteen. (Sarinko 1999, 32 - 33.)

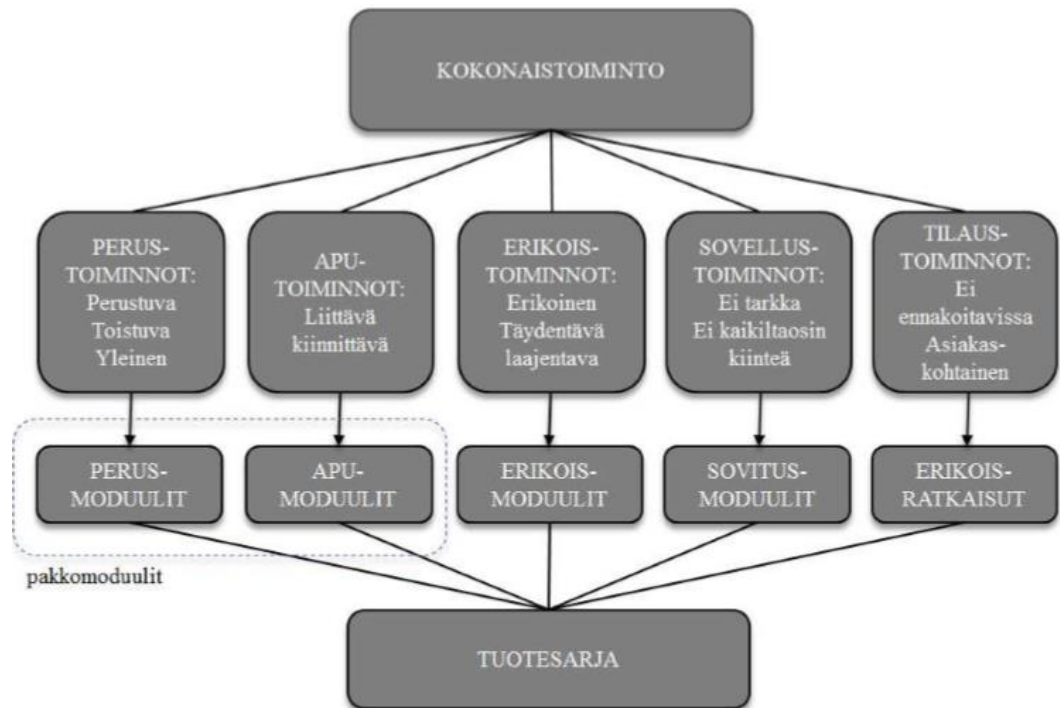
Tavoitetilassa jokainen moduuli toteuttaa yhden ominaisuuden tai toiminnon, jotta konfigurointiprosessi sujuisi mahdollisimman suoraviivaisesti. Tällöin jokaiselle asiakastarpeelle olisi moduuli, joka toisi tuotteelle halutun ominaisuuden. Käytännössä tämä on kuitenkin vaikea toteuttaa, sillä usein tietyn ominaisuuden (moduulin) valintaan vaikuttavat myös aiemmin tehdyt valinnat. (Ahoniemi ym. 2007, 40 - 47.)

Moduulit voidaan jakaa tyypiltään toiminto- ja valmistusmoduuleihin.

Toimintomoduuli määrittää tuotteelle haluttujen toimintojen perusteella ja valmistusmoduuli määrittää valmistusnäkökulma huomioiden.

Kokonaistoiminto on jaettavissa toimintomoduuleihin Kuvion 4 mukaisesti. Perustoiminnot ovat tuotteelle välttämättömiä toimintoja, jotka eivät muutu ja voivat esiintyä yksinään tai yhdessä muiden toimintojen kanssa.

Aputoimintoja tarvitaan esimerkiksi liittämään tuotteen moduuleita yhteen. Tällaisia toimintoja omaavat moduulit ovat apumoduuleita ja niitä tarvitaan aina perusmoduulin yhteydessä. Perusmoduuleita ja apumoduuleita voidaankin kutsua ”pakkomoduleiksi”. Tuotteelle valittavia lisätoimintoja varten tarvitaan erikoismoduuleita ja mahdollista tuotteen asennusympäristöön sovittamista varten ovat sovitusmoduulit. Usein tulee tarve asiakaskohtaisille erikoisratkaisuille, joita toteutetaan erikoismoduulien avulla. Näitä eivät ole luokiteltavissa moduuleiksi, koska toimintojen ennakoitavuus puuttuu. (Sarinko 1999, 35.)



Kuvio 4. Moduulit voidaan ryhmitellä toiminnoiltaan eri toimintomoduuleihin (Sarinko 1999, 36)

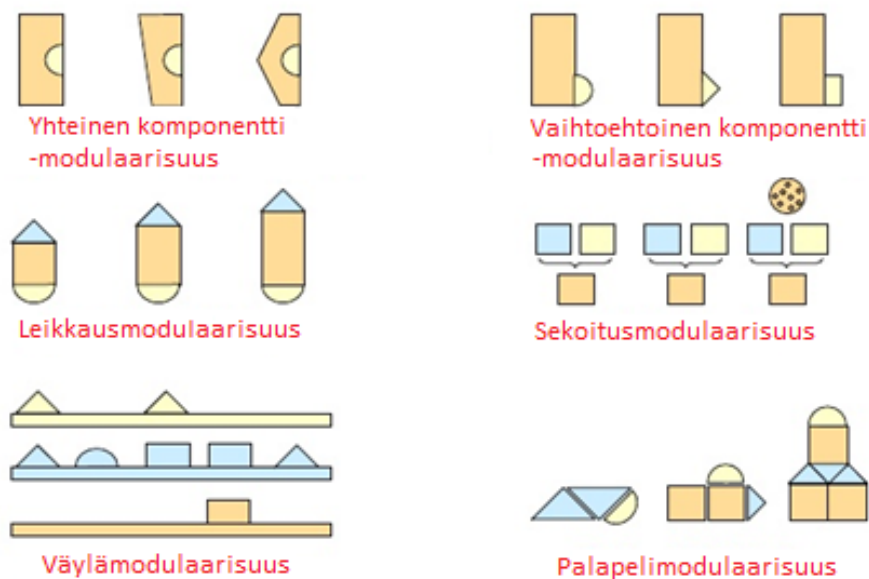
#### 4.3 Modulaarisuuden tyyppejä

Moduulit voidaan jakaa toiminnallisuutensa perusteella kuuteen perusryhmään (kuvio 5), joita yhdistelemällä saadaan tuote räätälöityä halutun laiseksi:

- Yhteinen komponentti -modulaarisuus. Yhteisenä komponenttina voidaan pitää komponenttia, joka on käytössä kaikissa tuotteen versioissa.
- Vaihtoehtoinen komponentti -modulaarisuus. Vaihtoehtoiset komponentit ovat keskenään vaihtokelpoisia, mutta tuottavat tuotteelle erilaisia ominaisuuksia. Tällainen komponentti voi olla esim. valmistuksessa tehtävä pintakäsittely.

- Leikkausmodulaarisuus. Leikkausmodulaariseksi kutsutaan komponenttia, jonka mittoja voidaan varioida mutta kuitenkin säilyttää liittymäpinta muihin moduuleihin. Tällainen komponentti voisi mahdollistaa esimerkiksi paineastian korkeuden säätämisen.
- Sekoitusmodulaarisuus. Sekoitusmodulaarisuudessa tuotteen ominaisuuksia muutetaan sekoittamalla eri komponentteja. Komponentit menettävät tällöin oman identiteettinsä. Esimerkki voisi olla halutun värisävyn sekoittaminen useasta eri maalisävystä.
- Väylämodulaarisuus. Väylämodulaarisuus mahdollistaa erilaisten lisämoduulien lisäämisen tuotteen perusrakenteeseen. Lisämoduuli voisi olla esimerkiksi lisävarusteena saatava valaistusjärjestelmä.
- Palapelimodulaarisuus. Muistuttaa vaihtoehtoinen komponentti modulaarisuutta, mutta variointi saadaan aikaan koostamalla tuote vakiomoduuleista, joita yhdistelemällä voidaan tuotteen ominaisuuksia muuttaa. Esimerkiksi aitarakenne voisi olla palapelimodulaarinen, jolloin halutun aitakokonaisuuden mittoja voisi säädellä yhdistelemällä erimittaisia aitaelementtejä.

(Martio 2015, 193.)



Kuvio 5. Modulaarisuuden tyypit (Drawpack. 2011)

#### 4.4 Moduloinnin toteutus

Moduloinnilla voidaan saavuttaa paras hyöty, kun moduloitava tuote kattaa suuren kirjavan mallivalikoiman, jolla on pitkät tuotekehityksen ja tuotannon läpipääsyraajat sekä hidas tuotantovarastojen kiertonopeus. Modulointia puoltaa myös, jos tuotteen toimituksissa on usein tarve suureen joustavuuteen ja tuote on vahvasti asiakasohjautuva. Moduloinnin toimivuuden ja kannattavuuden edellytyksenä voidaan pitää, että tuotteella on riittävä menekki ja riittävästi elinikää jäljellä, jotta modulointiin pistettävä työpanos ei jäisi suuremmaksi, kuin tapauskohtaisesti suunniteltavalla tuotteella. Lisäksi tuotteen tulee olla toiminnallisesti ja valmistusteknisesti riittävän kypsä, mutta kuitenkin hyödyntämättä vanhentuvaa tekniikkaa. Eri mallivariaatioiden rakenteiden tulisi olla myös riittävän samankaltaisia, jotta eri variaatioille löytyisi yhteinen modulointiperiaate. (Sarinko 1999, 38.) Modulointiperiaatteen muuttaminen myöhemmässä vaiheessa voi osoittautua hyvin hankalaksi, joten linjaukset tulisivat miettiä erityisen tarkasti modulointiin ryhdyttäessä.

Tuotteen kilpailukyky ja vastaavuus markkinoiden tarpeisiin tulisi tarkoin selvittää modulointiin ryhdyttäessä. Hyvä keino on ottaa selvää mahdollisista kilpailevista tuotteista. Myöskin tuotteen tuotantomahdollisuudet ja mahdollinen tuotantokapasiteetti tulisi huomioida. Moduulijako ja modulointiperiaatteet ovat keskeisiä asioita, jotka tulee selvittää harkiten, jos modulointi arvioidaan kannattavaksi. Näitä arvioitaessa keskeisimpiä seikkoja ovat asiakastarpeiden huomioiminen, yrityksen omien modulointilinjausten noudattaminen ja moduulien välisien rajapintojen määrittäminen. (Sarinko 1999, 38 - 41.) Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi moduloinnista keskustelemaan kannattaa kerätä ryhmä, joka koostuu markkina-analyysin, suunnittelun ja tuotannon edustajista. Tällöin saavutetaan kokonaislaajuinen näkemys siitä, miten modulointi olisi suoritettava ja millainen tuotteen tulisi olla. Liian yksipuolinen näkökulma johtaa usein kokonaisuuden kannalta tärkeiden asioiden huomiotta jättämiseen. Esimerkkinä suunnittelija, joka kokee mielekkääksi lähestyä modulointia pelkästään tuotannollisista



lähtökohdista, jolloin asiakastarpeiden kytkeytyminen yksittäisiin moduuleihin voi hämärtyä. (Ahoniemi ym. 2007, 43.)

Tuotteen modulointiin kannattaa lähteä jakamalla tuote toimintoihin, jotka edelleen jaotellaan ominaisuuksien perusteella. Toimintojen sisäinen variointitarve tulee myös arvioida ja ottaa huomioon linjauksia tehdessä. Jotta tuotteen varioituvuus mahdollistuisi yksinkertaisimmalla tavalla, tulisi ominaisuudet pyrkiä jaottelemaan moduuleittain, jolloin erilaisia variaatteja voidaan tuottaa yhdistelemällä erilaisia moduuleita. Ominaisuuksien jakautuminen useisiin moduuleihin vaikeuttaa huomattavasti tuotteen varioimista aiheuttaen ylimääräisiä huomioitavia muuttujia.

Lähtökohtaisesti tuotteelle tulisi määrittää yksi tai useampi yhteinen perusyksikkö, joka säilyy samana kaikissa tuotevarianteissa.

Perusyksiköiden tulisi olla ominaisuuksiltaan sellaisia, että niitä voidaan tarjota kaikille asiakkaille ja tarvittavat lisäominaisuudet saavutetaan lisäyksiköillä. Näin tuote saadaan pysymään varioitumattomana mahdollisimman pitkään, mikä osaltaan lisää tuotannon tehokkuutta. Usein samaa moduulia voidaan hyödyntää jopa monessa eri tuotteessa, jolloin saavutetaan vielä suurempi tehokkuus moduulin paremman menekkin myötä. (Ahoniemi ym. 2007, 44.) Hyvänä esimerkkinä modulaarisen suunnittelun hyödyistä voidaan pitää kuorma-autovalmistaja Scania:n jo 70-luvulla alkanutta pyrkimystä yksinkertaista tuotantoaan modulaarisen ajattelumallin keinoin. Kuviossa 6 on nähtävissä kahden erikseen tehdyn modulointiprojektin vaikutukset tarvittavien osien ja vaadittavan työn määrään.

Scania Cab: Moduloinnin vaikutukset			
Osa-alue	Tuotanto ennen	Modulointi vaihe 1	Modulointi vaihe 2
Ohutlevy osat	1400	380	250
Hytin varustelu	1800	600	360
Kokoonpanoaika	100%	75%	50%
Läpimenoaika	60 pv	15 pv	5 pv
Robotisoitu hitsaus	0%	60%	80%

Kuvio 6. Moduloinnin vaikutus kuorma-auton hytin osiin ja työmäärään

(Modularmanagement. 2018)

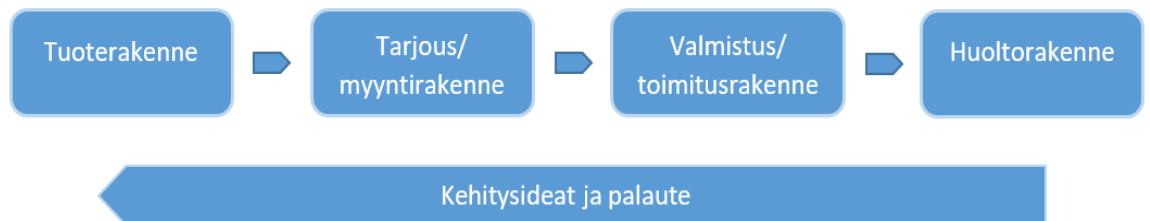
Yhä useammin siirrytään alihankinnan osalta nk. "musta laatikko" -käytäntöön, jossa yksittäisten komponenttien sijasta alihankkija toimittaa kokonaisia moduuleita, joiden sisällöstä alihankkija vastaa täysin. Tällaisen käytännön myötä toimitusten ja oman tuotannon hallinta helpottuu, sekä osa vastuusta siirtyy pois, jolloin toimintojen hallinta helpottuu. (Sarinko 1999, 41.)

## 5 CASE HIHNAVAAKASYÖTIN

Lahti Precisionin tuotehallintastrategiaan sisältyy pyrkimys asteittain siirtyä konfiguroitaviin tuoterakenteisiin yrityksen vakiotuoteperheiden osalta.

Tämä tukee tuotehallintaan kuuluvaa tuotestrategioiden luomista ja ylläpitämistä, tuotetiedon hallinnan kehittämistä ja pyrkimystä jatkuvaan parantamiseen. Kehittämällä toimintoja voidaan aikaansaada hyötyjä esimerkiksi tarjoustyön tuottavuudessa, hankintojen tehokkuudessa ja olemassa olevien ratkaisuiden hyödyntämisessä uudelleen ja uudelleen. Tarkoituksena on myös kehittää henkilökunnan osaamista paremman tiedonkulun myötä, jolloin esimerkiksi palaute saadaan paremmin yksilöityä tuotteelle ja vastuuhenkilölle. Tärkeä seikka on jatkuva dokumentoinnin kehittäminen osana tuotteiden elinkaarenhallintaa.

Tuotetta käsitellään sen elinkaaren aikana yrityksessä kokonaisuutena, joka sisältää tuoterakenteen, tarjous/myyntirakenteen, valmistus/toimitusrakenteen ja huoltorakenteen. Tuoterakenne on kuin tuotekansio, joka kokoaa tuotteeseen liittyvät tiedot esimerkiksi rakenteen, dokumentit, tekniset-, toimittaja- ja varaosatiedot. Tarjous/myyntirakenne puolestaan sisältää tuoterakenteelta poimitut tuotetiedot ja tiedot mahdollisista muutostarpeista, kustannuksista, sekä teknisen erittelyn. Valmistus/toimitusrakenne sisältää tarjouksen perusteella tuotetun tuoterakenteen mahdollisin muutoksin, rakenteen dokumentit mukaan lukien valmistusdokumentit ja tiedot tuotannon ohjauksesta. Huoltorakenteelta myöhemmin käyvät ilmi toimituksen laitehiearkia, huoltosuunnitelma ja elinkaarikustannukset. Huoltorakenne helpottaa myös myöhempää varaosien ja vakiomoduulien toimitusta asiakkaalle.



Kuvio 7. Tuoterakenteet ja tiedon kulku (Jaakonaho. 2018)

Tuoterakenteiden avulla pyritään saumattomaan tiedon kulkuun laitteen koko elinkaaren ajan, mikä tehostaa toimintaa esimerkiksi mahdollistamalla aiempien vaiheiden työn täysimääräisen hyödyntämisen. Lisäksi toimituksen tiedot ja dokumentit kulkeutuvat ketjussa automaattisesti eteenpäin. Kokonaisuudessa tärkeää on tiedon kulku myös toiseen suuntaan, jolloin mahdollinen asiakas- ja lautupalautte sekä kehitysehdotukset tulevat huomioiduksi oikeassa paikassa.

Konfiguroitavien laitteiden on tarkoitus osaltaan edesauttaa toiminnan jatkuvaa kehittämistä nopeuttamalla suunnittelu- ja tarjoustyötä sekä parantamalla tuotehallintaa.

Opinnäytetyön aihe on osa Lahti Precision Oy:n tuotteisiin lukeutuvan hihnavaakasyöttimen kehitysprojektia. Tavoitteena oli suunnitella tuotteelle modernisoitu ja modulaarinen tuoterakenne sekä konfiguraattorin toteutus. Yrityksessä on käytössä Roima Intelligencen Lean System -toiminnanohjausjärjestelmä, joten konfigurointi toteutetaan käyttäen Lean Systemin konfiguraattorityökaluja. Näin vaiheet tarjouksesta aina raaka-ainehankintoihin ja valmistukseen saakka voidaan suorittaa saman järjestelmän kautta ilman ylimääräisiä vaiheita ja tietojen siirtämistä järjestelmien välillä. Aiemmin yrityksessä on toteutettu konfiguraattori hihnakuljettimelle, joten tietotaitoa konfiguroinnista on kertynyt jonkin verran. Lisäksi Hihnakuljettimen konfigurointi on periaatteiltaan melko samankaltainen kuin hihnavaakasyöttimen, joten tyhjästä ei tarvinnut lähteä liikkeelle.

## 5.1 Hihnavaakasyötin

Hihnavaakasyöttimiä käytetään esimerkiksi prosessiteollisuudessa raaka-aine-erien automaattiseen annosteluun tai jatkuvaan syöttöön. Muita käyttökohteita ovat mm. voimalaitokset, ruukateollisuus ja kaivokset. Rakenteeltaan laite on kuin tavanomainen hihnakuljetin, mutta siirrettävän materiaalin määrää seurataan vaa'alla, jonka päällä kuljetinhihna materiaaleineen kulkee. Kuljetinhihnan nopeutta seurataan erityisellä nopeusanturilla tarkan mittaustuloksen saavuttamiseksi.

Kaksirullapunnitusta käyttäen laitteella voidaan ylittää erittäin tarkkaan mittaustulokseen (virhe  $< \pm 0,5\%$ ). Tavanomaisesta hihnakuljettimesta poiketen hihnavaakasyöttimen tarkoitus on mitata siirrettävän materiaalin määrää, eikä siirtää materiaalia pitkiä etäisyyksiä. Tästä syystä usein laitteen pituus onkin lyhin mahdollinen.

Syötettävän prosessin tarve määrää laitteen annosteluperiaatteen. Laite voi olla joko summaava hihnavaakakuljetin, jolla seurataan prosessiin menevän materiaalin kokonaismäärää, tai hihnasyötin, jolla annostellaan tarkkoja raaka-ainemääriä prosessiin. Laitteen varustelu ja ulkoiset mitat määräytyvät annosteltavan materiaalin ja laitteen asennuskohteen mukaan, joten mahdollisia variaatioita on paljon ja käytännössä laite on täytynyt suunnitella aina erikseen kohteen mukaan. Tätä suunnittelutyötä konfiguraattorin on määrä tulla helpottamaan luomalla selkeän linjan tarjottavista ominaisuuksista ja tuottamalla valmistusrakenteen tarvittavine dokumentteineen.

## 5.2 Laitteen linjaukset

Konfiguraattorin on tarkoitus tulla kattamaan tietty sopivan laajuinen tarvejoukko niin, että valtaosassa tilauksista voitaisiin käyttää suoraan konfiguraattorin määrittämää rakennetta. Kaikkien mahdollisten tilanteiden ja tarpeiden huomiointi ei olisi käytännöllistä sen vaatiman suuren työmäärän vuoksi. Lisäksi konfiguraattorin ja laitteen rakennemallien ylläpito on vähemmän työlästä, kun pitäydytään perusratkaisuissa.

Hihnavaakasyöttimen tapauksessa laitteen valittava CC-mitta päätettiin rajata välille 1971 - 6000mm. Alin mitta määräytyi puhtaasti komponenttien vaatiman tilan perusteella, esimerkiksi vaakayksikkö tarvitsee 900mm punnitusalueen sekä riittävän matkan syöttökengästä, jotta hihnalle syötettävä materiaali ehtisi asettua, eikä häiritsisi punnitustapahtumaa. Lähtökohtana on, että CC-mitan tulisi olla valittavissa millin tarkkuudella johtuen esimerkiksi asiakkaan olemassa olevista liitynnöistä laitteelle.

Hihnaleveyden osalta valittavaksi tulisi 500, 650 ja 800mm:n hihnaleveydet. Jokaisesta hihnaleveydestä olisi myös valittavissa

käyttötarkoitukseen sopiva hihnatyyppejä. Hihnatyyppejä ovat useimpiin käyttötarkoituksiin soveltuva perushihna reunavallilla sekä ilman, lisäksi valittavana on ATEX-luokituksen omaava hihna ja elintarvikelaatuinen hihna. Laitteen pölysuojauksen taso tulisi olla myös määriteltävissä. Täydellä pölysuojauksella laite olisi täysin koteloitu ja vähintään kahdella pölynpoistoyhteellä varustettu. Laitteen korkeuden säätäminen tulisi tapahtumaan irrallisilla säätöjaloilla, jotka kiinnitetään erilliseen jalustarunkoon. Laitteen turvavarusteita olisivat koteloinnit (pölysuojat), sekä hätäpysäytys painikkeet tai köysihätäpysäytin molemmiin puolin laitetta.

### 5.3 Konfiguroitavan rakenteen suunnittelu ja modulaarisuus

Rakenteen osalta lähtökohta on, että rakenne suunnitellaan tukemaan modulaarista osakokonaisuuksien hallintaa sekä olemaan muokattavissa konfiguroinnissa syntyneiden valintojen mukaiseksi. Huomiota kiinnitettiin myös rakenteen saattamiseksi valmistusteknisesti ajan tasalle. Aiemmin laitteen runkorakenne oli kokoonpantu erilaisista profiiliteräksistä ja tarvittavat reiät ja muut muokkaukset oli tehtävä runkoon käsin.



Kuva 2. Aiemmin laitteen runko on kokoonpantu profiiliteräksistä (Lahti Precision. 2014)

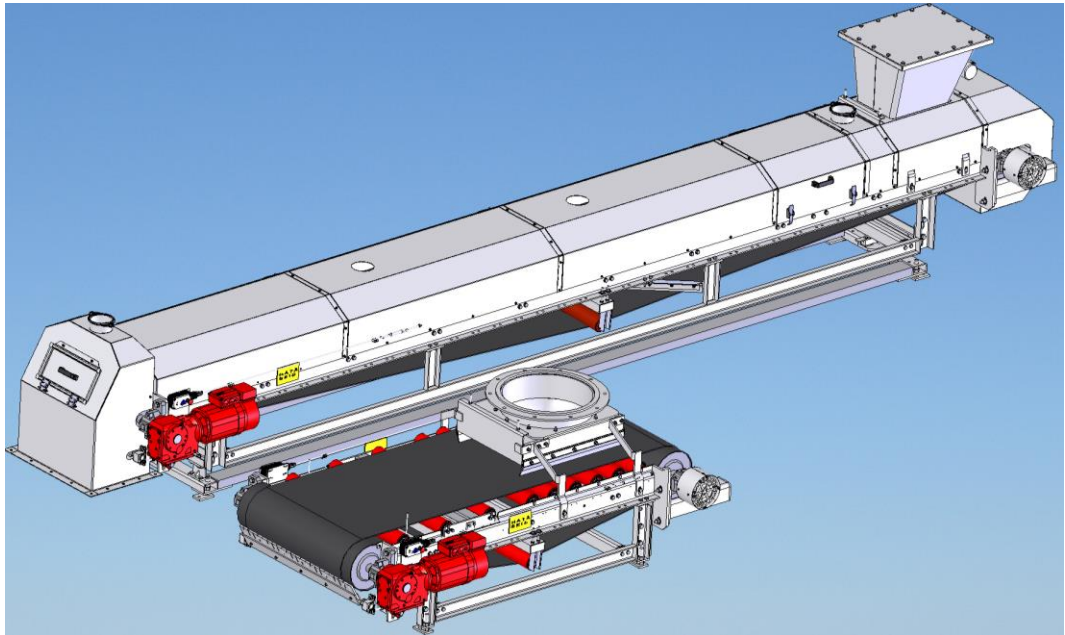
Nykyään yrityksessä on kuitenkin mahdollisuus teräslevyjen laserleikkaukselle, jota käyttämällä voidaan vähentää tuotannon työvaiheita, sillä tarvittavat reiät ovat laserleikattavissa levyosiin. Laserleikkaus mahdollistaa myös erilaisten sovitteiden ja kohdistemuotojen hyväksikäytön levyosien kokoonpanovaiheessa, jolloin virheiden mahdollisuus pienenee ja mittaustyön tarve vähenee. Laitteen runko suunniteltiin valmistettavaksi laserleikatuista levyosista, jotka särmätään haluttuun muotoon. Näin ollen konfigurointi helpottaa myös laitekohtaisesti räätälöitävien osien, kuten runkopaarteiden ja pölysuojien valmistusta ilmoittamalla esimerkiksi levyosien lasketut pituudet ja tarvittavien reikien määrät. Räätälöitävien osien piirustuksena ja laitteen pääkokoonpanopiirustuksena on määrä käyttää yleispiirustuksia, joita sovelletaan konfiguroinnin tuloksena syntyneiden tietojen pohjalta.

Koska rakenne päivitetään, on siitä tarkoituksenmukaista tehdä samalla modulaarinen konfigurointia silmällä pitäen. Lähtökohta on, että tuotteen eri variaatioissa olisi mahdollisimman paljon yhteisiä komponentteja eli vakiomoduuleita. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi taittopään kiristimet ja vaihdemoottori.

Suurin osa komponenteista ei kuitenkaan voi olla vakiomoduuleita, sillä esimerkiksi hihnavaakasyöttimen leveys riippuu valituista hihnarullista, rummuista, tukipalkeista ja muutamista muista osista. Tällaiset osat ovat vaihtoehtoisia komponentteja, jotka ovat vaihtokelpoisia keskenään ja joiden tarve määräytyy konfiguroinnissa tehtyjen valintojen mukaan.

Komponentit, jotka eivät ole vakio tai vaihtoehtoisia komponentteja ovat useimmiten lisämoduuleita, joiden asennettavuus on laitteessa huomioitu, mutta ne eivät ole pakollisia varusteita, esimerkiksi pölysuojat. Jotkin osat voivat kuulua kahteen eri modulointiluokkaan. Tällaisia osia ovat esimerkiksi runkopaarteet, jotka ovat vakiokomponentteja, mutta myös laitteen mittojen mukaan räätälöitäviä komponentteja. Tällainen mitoiltaan muuttuva, mutta liittymäpinnoiltaan silti muun kokoonpanon kanssa yhteensopiva komponentti määritetään leikkausmodulaariseksi.

Laitteen modulaarisuutta mietittäessä on tärkeää muistaa myös eri kokoonpanojen kiinnitystarvikkeet. Hihnavaakasyöttimen (kuva 3) tapauksessa eri moduuleiden kiinnitystarvikkeet tilataan pääosin kokoonpanon ylimmällä tasolla. Tämä helpottaa kiinnitystarvikkeiden määrän hallintaa konfiguroinnin keinoin. Poikkeuksena tähän voivat olla osat, joiden kiinnitystarvikkeiden määrä on suuri.



Kuva 3. Kaksi ominaisuuksiltaan erilaista konfiguraatiota suunnitellusta rakenteesta (Kuvakaappaus Solidworks -mallinnusohjelmasta. 2017)

#### 5.4 Megarakennemalli

Jotta konfiguroitaessa saataisiin tuotettua tehtyjen valintojen mukainen valmistusrakenne tuotteelle, täytyy kaikki ylimmän kokoonpanon mahdolliset komponentit ja osakokoonpanot koota yhteen megarakennemalliin (kuva 4), josta ne konfigurointiehtojen täytyessä valitaan valmistusrakenteelle.

Megarakennemalli toimii ikään kuin rakenteen tietopankkina, jonka avulla kerätään ja ylläpidetään rakenteille syötettyjä ja syntyneitä tietoja. Tällaisia tietoja ovat mm. erilaiset dokumentit, nimikkeiden painotiedot, osto-osien hintatiedot ja aiemmin valmistettujen rakenteiden hintatiedot valmistuskustannuksineen. Konfiguroinnin tuloksena valittujen



komponenttien tiedot kopioituvat myös valmistusrakenteelle, jolloin valmistettavan laitteen tiedot ovat ajan tasalla. Myös valmistuksen yleispiirustukset päädyttiin laittamaan megarakenteeseen, josta ne ehtojen täytyessä kopioituvat myös eteenpäin. Näin voidaan varmistaa, että laitteen rakennetta vastaavat piirustukset tulevat valmistusrakenteelle.

[illegible]

Kuva 4. Tuotteen rakenteet kokoava rakennemalli ja konfigurointiehtoselain (Kuvakaappaus Lean System -ohjelmasta. 2017)

### 5.4.1 Osanumerointi

Komponenttien osanumerointi rakennemallissa tulee olla yhtenevä laitteen kokoonpanopiirustuksien osanumeroinnin kanssa, koska konfiguroitaessa ehdot täyttävät rakennemallin rivit siirtyvät valmistusrakenteelle, joka tulostetaan piirustuksen osaluetteloksi. Osanumeroiden määrittämisessä täytyy kuitenkin seurata tiettyjä sääntöjä, joita modulaarisuus rakenteelle asettaa. Näin dokumentointi pysyy selkeämpänä ja virheiden mahdollisuus pienenee.

Osanumeroinnin määrittäminen:

- Vakiomoduuleilla tulee aina olla oma yksilöllinen osanumeronsa, koska ne ovat rakenteelle aina valittavia komponentteja.
- Vaihtoehtoiset moduulit numeroidaan siten, että keskenään vaihtokelpoiset komponentit numeroidaan samalla osanumerolla. Tämä mahdollistaa liityntäpinnoiltaan yhteneväisten osien esittämisen kokoonpanopiirustuksissa samalla osanumerolla.
- Lisämoduulit numeroidaan omilla yksilöllisillä osanumeroillaan. Jos mahdollista, lisämoduulit on hyvä sijoittaa rakennemallin loppuun, jolloin ne mahdollisesti valmistusrakenteelta pois jäädessään eivät aiheuta yhden tai useamman osanumeron puuttumista osaluettelossa.

#### 5.4.2 Konfigurointiehdot

Jokaiselle rakennemallin riville, jonka valinta valmistusrakenteelle on konfiguroitaessa tehtävistä valinnoista riippuva, on määritettävä konfigurointiehdot (kuva 4), joiden täytyessä rivi valitaan valmistusrakenteelle. Ehdoilla määritetään, mitkä konfiguroitaessa tehtävät valinnat johtavat kyseisen rakennemallin rivin valintaan. Esimerkiksi valittaessa hihnaleveydeksi 650 mm täytyy kyseisen mallin tukipalkin konfigurointiehto ja laitteeseen sopiva tukipalkki siirtyä valmistusrakenteelle. Ehdot voivat olla myös määrämuotoisia, tämä on hyödyllistä osien kohdalla, joiden määrä voi vaihdella. Esimerkiksi aiemmin mainitun tukipalkin lukumäärä määräytyy laitteelle valitun CC-mitan perusteella, joten sille täytyy asettaa toiseksi ehdoksi määrämuotoinen konfigurointiehto. Konfiguraattori laskee palkin lukumäärän annetun laskukaavan mukaisesti ja tätä lukumäärää käytetään konfigurointiehdoissa.

Lean Systemissa voidaan yhdelle ehtoriville kirjata peräkkäin yhteensä 12 ehtoa, jotka muodostavat "AND"-toiminnon. Erilaisia ehtorivejä voidaan



Otsikoiden alle voidaan ryhmitellä väliotsikkoja, ominaisuuksia ja fyysisiä ominaisuuksia.

- Väliotsikko. Väliotsikoita käytetään ryhmittelemään ominaisuuksia tai fyysisiä ominaisuuksia.
- Ominaisuus. Ominaisuuksia käytetään ilmaisemaan laitteelle valittavia ominaisuuksia tai konfiguroinnin lopputuloksena ilmoitettavia tietoja.
- Fyysinen ominaisuus. Fyysisiä ominaisuuksia käytetään, jos on tarpeen tuoda esimerkiksi materiaali nimikkeitä valittavaksi konfiguraattoriin. Nimike voisi myös olla esimerkiksi jokin ostettava komponentti, kuten kuljetinhihna.

Esimerkiksi hihnavaakasyöttimen konfiguraattorissa otsikon "DIMENSIONS" alla on ominaisuus "LENGTH C/C", jonka arvoksi syötetään haluttu laitteen CC-mitta. Lisäksi otsikon alla on väliotsikko "WIDTH", jonka alla ovat valittavat ominaisuudet "WIDTH 500", "WIDTH 650" ja "WIDTH 800". Näin laitteelle määritettiin pituus ja hihnaleveys, joten konfiguroinnissa voidaan siirtyä seuraavaan otsikkoon.

Konfigurointiominaisuuksia perustettaessa on tärkeää, että ominaisuus nimetään mahdollisimman informatiivisesti ja myyvästi, koska laitteen ominaisuudet tulevat myöhemmin asiakkaan nähtäväksi tarjouksen tai tilausvahvistuksen muodossa.

### 5.5.2 Kaavat ja ehdot

Pelkkä konfigurointiominaisuuksien järjestäminen ja ryhmittely eivät riitä takaamaan konfiguroinnin ongelmattomaa kulkua, sillä usein laitteelle valittu ominaisuus rajaa mahdollisten tulevien ominaisuusvalintojen yhteensopivuutta laitteen kanssa. Tämän vuoksi ominaisuuksille on mahdollista luoda konfigurointiehtoja ehtolomakkeen avulla (kuva 5) aivan kuten rakennemallissakin. Määrämuotoisia ehtoja voidaan käyttää arvojen

vertailuun, mikä on tarpeellista useissa tilanteissa. Esimerkiksi hihnaleveyden valinnoille "WIDTH 650" ja "WIDTH 800" on ehtona, että ominaisuudelle "LENGTH C/C" annettu arvo on väliltä 2121-6000mm, koska ne tarvitsevat suuremman syöttökengän vuoksi syöttöalueelle yhden hihnarullan lisää verrattuna laitteeseen 500mm hihnaleveydellä.

Ominaisuusrivin valinnalle on usein tarpeen määrätä minimi- ja maksimimäärä ohjaamaan valintojen tekemistä. Esimerkiksi hihnavaakasyöttimen säätöjalkojen minimi- ja maksimimäärä on neljä kappaletta, joten säätöjalkoja on valittava neljä kappaletta, jotta konfiguroinnissa päästään etenemään. Säätöjalkojen määrän voisi asettaa myös rakennemallissa, mutta valinta konfiguraattorissa mahdollistaa useiden eri mittaisten jalkojen valitsemisen samaan laitteeseen, mikä voi joissakin asennuskohteissa olla tarpeen.

Ominaisuuden määrää voi ohjata myös ominaisuusriville asetettu laskentakaava, joka laskee ominaisuudelle määrän käyttäen muille ominaisuuksille syötettyä määrää. Tällaisen ominaisuuden määrää ei voidakaan erikseen syöttää, vaan se määräytyy aina laskentakaavan mukaisesti. Hihnavaakasyöttimen tapauksessa laskettuja arvoja ovat esimerkiksi laitteen kokonaispituus, matka syöttöliitynnästä purkuliityntään, kuljetinhihnan pituus, runkopaarteiden ja pölysuojien pituus ja paino sekä sellaisten osien lukumäärä, joka määräytyy laitteen CC-mitan perusteella.

## 5.6 Konfigurointiprosessi

Konfigurointi tehdään joko tarjousta tai myyntitilausta vasten, tai itsenäisesti käyttäen mallikonfiguraatiota. Tarjous tai tilausriville syötetään konfiguroitavan laitteen nimi sekä muut tiedot, minkä jälkeen voidaan aloittaa konfigurointi. Ennen konfigurointia rivillä ei ole valmistusrakennetta.

### 5.6.1 Konfiguraattori

Kun tilaus/tarjousrivi valitaan konfiguroitavaksi, avautuu konfiguraattori (kuva 6) erilliseen ikkunaan. Konfiguraattorin käyttöliittymä määräytyy konfigurointinäkymään määritetyistä ominaisuuksista ja ehdoista. Konfiguraattorin vasemmalla puolella näkyvät otsikot, joita käydään järjestyksessä läpi niiden alta valintoja tehden. Valinnat ja väliotsikot tulevat näkyviin konfiguraattorin oikealle puolelle. Tehdyt valinnat tulevat näkyviin myös otsikoiden alle vasemmalle puolelle. Kun tehdyt valinnat ovat konfigurointinäkymässä määriteltujen ehtojen ja määrärajoitusten mukaiset, tulee konfiguraattoriin merkintä "Ok", mikä ilmoittaa, että konfigurointi on laillinen ja sen perusteella voidaan tuottaa valmistusrakenne sekä settirivit. Konfigurointi voidaan myös tallentaa eräänlaiseksi mallikonfiguraatioksi, jolloin sitä voidaan käyttää myöhemmin pohjana. Tämä helpottaa työtä, jos samankaltaisia laitteita menee usein tai on tarve tehdä esimerkiksi mallikonfiguraatit eri maiden markkinoille.

Tunnus	Nimi	Määrä	Hinta	Std.hinta
CF00245	TYPE OF SCALE	1		
CF00246	TOTALIZING BELT SCALE, BSCT	1		
CF00198	DIMENSIONS			
CF00273	LENGTH C/C [MM] (B650/8800 MINIMUM=2121mm)	2219		
CF00164	WIDTH	1		
CF00165	BELT WIDTH 500	1		
CF00200	PERFORMANCE			
CF00202	MATERIAL DENSITY [KG/M3]	850		
CF00203	BELT SPEED [M/S]	0,75		
CF00018	FRAME			
CF00251	MOTOR MOUNTING SIDE	1		
CF00252	MOUNTING SIDE LEFT	1		
CF00179	DEDUSTING	1		
CF00181	FULLY COVERED CONVEYOR	1		
CF00177	BELT PROPERTIES			
CF00267	BELT TYPE	1		
CF00271	FOOD GRADE BELT	1		
CF00211	STEEL STRUCTURES	4		
CF00254	WEIGHING STAND LEG, H=0-150MM	4		
CF00020	ELECTRICAL EQUIPMENT	1		
CF00262	ROPE EMERGENCY STOP	1		
CF00186	POWER SUPPLY			
CF00187	FREQUENCY	1		
CF00188	FREQUENCY 50 HZ	1		
CF00190	VOLTAGE	1		
CF00192	VOLTAGE 400 VAC	1		
CF00208	SERVICES			
CF00170	CALCULATED VALUES			
CF00249	LENGTH BETWEEN FEED AND DISTRIBUTION CON	1915		
CF00272	TOTAL LENGTH (WITH DUST COVERS) [MM]	2940		
CF00274	BELT LENGTH [M]	5,316		
CF00265	FRAME BEAM LENGTH [MM]	1973		
CF00283	FRAME BEAM WEIGHT [KG]	19,73		
CF00284	FRAME BEAM SURFACE AREA [M2]	0,426		
CF00266	DUST COVER LENGTH (EXTENDABLE) [MM]	550		
CF00281	DUST COVER WEIGHT (EXTENDABLE) [KG]	10,285		
CF00282	DUST COVER (EXTENDABLE) SURFACE AREA [M2]	0,696		
CF00269	NUMBER OF FRAME SUPPORT BEAMS	3		
CF00268	NUMBER OF IDLERS	7		
CF00275	WEIGHING STAND L=1500MM	1		

Tunnus	Nimi	Min.	PeH	PeH	Max.	Määrä
CF00198	DIMENSIONS					
CF00273	LENGTH C/C [MM] (B650/8800 MINIMUM=2121mm)	1971			6000	2219
CF00164	WIDTH	1			1	1
CF00165	BELT WIDTH 500					1
CF00166	BELT WIDTH 650					0
CF00167	BELT WIDTH 800					0

Alennus-%:  Summa:  0,00  0,00  
Valuutta: EUR Al Summa:  0,00 Kate-%:  0

Kuva 6. Konfiguraattorin käyttöliittymä (Kuvakaappaus Lean System -ohjelmasta. 2017)

Hihnavaakasyöttimen tapauksessa konfiguraattorin toimintaperiaate on pääosin interaktiivinen eli tehtyjen valintojen pohjalta rajataan tulevat

valinnat niin, että valintojen mukainen laite on mahdollista toteuttaa. Osa toiminnoista on kuitenkin automaattisia, kuten joidenkin osien valinta ja määrän laskenta. Automaattiseen suuntaan vievä, mutta kuitenkin käyttäjää rajoittamaton toiminto, on mahdollisuus tehdä osakonfiguraatioita konfiguraattoriin. Tällöin tietty valinta esivalitsee joukon muita ominaisuuksia ja näin helpottaa konfigurointityötä. Esivalitut ominaisuudet ovat kuitenkin haluttaessa muokattavissa.

### 5.6.2 Settirivit ja tilausvahvistus

Myyntitilauksrivin onnistuneen konfiguroinnin tuloksena syntyvät valmistusrakennerivien lisäksi myyntitilauksen settirivit (kuva 7). Settirivit koostuvat konfiguroinnissa valituista ominaisuuksista sekä lasketuista arvoista, jotka toimivat informaationa asiakkaalle ja laitteen valmistuksessa tuotannolle. Tarvittaessa myyntitilausrivi voidaan konfiguroida uudelleen, jolloin myös valmistusrakenne ja settirivit päivittyvät uusimman konfiguroinnin mukaisiksi. Kun konfiguroidusta myyntirivistä tulostetaan tilausvahvistus, listautuvat tilauksen settirivit siihen ja toimivat näin tilauksen tietoina.

Tilaus	Asiakas	Asiak. tilausnro:	Tyyppi	Pienprojekti/Laite																
Projekti	Aktiviteetti	Kust.pika	Rivi	SR	Q	k	i	t	d	h	Nim.tunnus	Nim.nimi (pitkä)	Ulk.nimi	Nim. tyyppi	Tilaus.kd	Tilaus.kdi	Teollisuusala	Fyys.	Määrä	Yks.hinta
3400		310	10								d	X000029	HIDHAAVAKASÖYTIN BSCT	HIDHAAVAKASÖYTIN B	1230	Hidhavaaka		KPL	1	0,06
3400		310	20	10								CF0024	TOTALIZING BELT SCALE, BSCT	TOTALIZING BELT SCAL	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	30	10								CF0027	LENGTH C/C [MM] (8650/8800)	LENGTH C/C [MM] (865	Konf. ominai			L	2219	
3400		310	40	10								CF0016	BELT WIDTH 500	BELT WIDTH 500	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	50	10								CF0020	MATERIAL DENSITY [KG/M3]	MATERIAL DENSITY [KG	Konf. ominai			KPL	850	
3400		310	60	10								CF0020	BELT SPEED [M/S]	BELT SPEED [M/S]	Konf. ominai			KPL	0,75	
3400		310	70	10								CF0025	MOUNTING SIDE LEFT	MOUNTING SIDE LEFT	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	80	10								CF0018	FULLY COVERED CONVEYOR	FULLY COVERED CONVEY	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	90	10								CF0027	FOOD GRADE BELT	FOOD GRADE BELT	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	100	10								CF0025	WEIGHTING STAND LEG, H=0-1	WEIGHTING STAND LE	Konf. ominai			KPL	4	
3400		310	110	10								CF0026	ROPE EMERGENCY STOP	ROPE EMERGENCY STOP	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	120	10								CF0018	FREQUENCY 50 HZ	FREQUENCY 50 HZ	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	130	10								CF0019	VOLTAGE 400 VAC	VOLTAGE 400 VAC	Konf. ominai			KPL	1	
3400		310	140	10								CF0024	LENGTH BETWEEN FEED AND DIST	LENGTH BETWEEN FEED	Konf. ominai			L	1915	
3400		310	150	10								CF0027	TOTAL LENGTH (WITH DUST COV	TOTAL LENGTH (WITH E	Konf. ominai			L	2940	
3400		310	160	10								CF0027	BELT LENGTH [M]	BELT LENGTH [M]	Konf. ominai			M	5,316	
3400		310	170	10								CF0026	FRAME BEAM LENGTH [MM]	FRAME BEAM LENGTH [	Konf. ominai			L	1973	
3400		310	180	10								CF0028	FRAME BEAM WEIGHT [KG]	FRAME BEAM WEIGHT [	Konf. ominai			KG	19,73	
3400		310	190	10								CF0028	FRAME BEAM SURFACE AREA [M	FRAME BEAM SURFACE	Konf. ominai			M2	0,426	
3400		310	200	10								CF0026	DUST COVER LENGTH (EXTENDAB	DUST COVER LENGTH (E	Konf. ominai			L	550	
3400		310	210	10								CF0028	DUST COVER WEIGHT (EXTENDAB	DUST COVER WEIGHT (E	Konf. ominai			KG	10,285	
3400		310	220	10								CF0028	DUST COVER (EXTENDABLE) SUR	DUST COVER (EXTENDAB	Konf. ominai			M2	0,696	
3400		310	230	10								CF0026	NUMBER OF FRAME SUPPORT BE	NUMBER OF FRAME SUP	Konf. ominai			KPL	3	
3400		310	240	10								CF0026	NUMBER OF IDLERS	NUMBER OF IDLERS	Konf. ominai			KPL	7	
3400		310	250	10								CF0027	WEIGHTING STAND L=1500MM	WEIGHTING STAND L=1	Konf. ominai			KPL	1	
																			10508,203	
																			1	

Hoettu 25 nvia 25 nviata.

25/25

Kuva 7. Konfiguroinnin tuloksena saadut settirivit. (Kuvakaappaus Lean System -ohjelmasta. 2017)







## 5.8 Konfiguraattorin ylläpito ja päivittäminen

Jotta konfiguraattori pysyisi käyttökelpoisena ja ajantasaisena työkaluna, täytyy sen ylläpitoon ja kehittämiseen jatkuvasti panostaa. Parasta olisi, että ylläpidosta vastaisi henkilö, jolla olisi riittävä tuntemus konfiguroinnin kohteena olevasta tuotteesta ja konfiguroinnin lainalaisuuksista. Konfiguraattoria käytettäessä esiin tulevat parannusehdotukset on syytä huomioida ja konfiguraattorin toimintaa kehittää eteenpäin niiden pohjalta. Myös tuoteperheen rakennemallin roolia ajantasaisena ja luotettavana rakenteiden ja tuotetiedon kokoajana on syytä ylläpitää. Rakennemallin ja konfigurointinäkymän toimintoineen tuntevalta ei pienimuotoinen päivitystyö vie paljoa työaikaa. Tällainen päivitys voisi olla esimerkiksi komponenttien ja tarvittavien ehtojen lisääminen rakennemalliin.

## 5.9 Konfiguroitavan laitteen valmistaminen

Aiemmin Lahti Precision on valmistanut pääasiassa asiakaskohtaisesti suunniteltuja tuotteita, joten osittainenkin massaräätälöintiin siirtyminen luo tarpeen uudentyyppisille valmistusnäkökulmille. Massaräätälöintiin olennaisesti kuuluvan modulaarisen ajattelumallin siirtäminen jossain määrin tuotannon puolelle voisi tehostaa toimintaa jonkin verran. Kuitenkin moduuleiden massatuotantoa varten yksittäisten moduulien menekki tulee olemaan luultavimmin liian pieni. Suurin hyötynä kuitenkin on, että massaräätälöinnin vaatima joustavuus tuotantoprosesseissa ja toiminnanohjausmenetelmissä saavutetaan ja tilauksen läpimenoaikoja kyetään lyhentämään. Tuotteen modulaarisuus tuo myöskin useita tehokkuus- ja kustannushyötyjä. Totuttelua ja mahdollisia ongelmia voi aiheuttaa suunniteltu yleispiirustusten käyttäminen pääkokoonpanopiirustuksena, mikä vaatii uudenlaisen näkökulman piirustusten asemaan kokoonpanossa. Tuote ei enää välttämättä olisikaan mitoiltaan ja komponenteiltaan piirustuksessa esitetyn kaltainen, mutta se koottaisiin kuitenkin samalla tavalla. Piirustusta tulisi siis soveltaa osin periaatekuvan tavalla.

## 6 POHDINTA

Projekti antoi arvokasta tietoa massaräätälöinnin mahdollisuuksista, mutta myös toteutustavan mahdollisista ongelmakohdista ja asioista joihin tulee kiinnittää huomiota tulevaisuudessa. Isolta osin työ oli tuotteeseen, sen käyttötarkoituksiin sekä tarvittaviin ominaisuuksiin perehtymistä, jotta tärkeimmät asiakastarpeet tulisivat toteutuksessa huomioiduiksi.

Eräs pohdittavaksi jäävä asia oli, että poistaako konfigurointi ja yleispiirustusten käyttäminen lopulta tarpeen mallintaa yksittäisiä tuoteyksilöitä PDM:ään, vai riittäisikö layout-mallinnuksessa käytettävä konfiguroitava kevyt part-malli tarkoitukseen. Lisäksi tarvetta tilauskohtaiselle lisäsuunnittelulle laitteen pituuden mukaan räätälöitävien yksittäisten osien osalta ei voitu sulkea pois tässä vaiheessa.

Konfiguraattoria kokeiltiin projektin aikana konfiguroimalla rakenteita erilaisille jo toimitetuille laitteille. Näin voitiin todeta asianmukaisen valmistusrakenteen syntyminen sekä saada erilaisia näkökulmia asiakastarpeista

Hihnavaakasyöttimen osalta konfiguroinnin käyttö on rajoittunut kokeiluihin, mutta kehitystyötä tehdään parhaillaan myös yrityksen muiden tuotteiden saattamiseksi konfiguroitaviksi, ja tulokset ovat tähän mennessä olleet lupaavia.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin massaräätälöintiä ja sen keskeisiä prosesseja, kuten konfigurointia ja modulaarista tuotesuunnittelua. Tavoitteena oli selvittää alan kirjallisuuden perusteella massaräätälöinnin mahdollisuuksia nykyaikaisessa toimintaympäristössä sekä tarkastella konfigurointiin ja modulaarisuuteen liittyviä käsitteitä.

Massaräätälöinti on keino vastata tehokkaammin asiakkaiden muuttuviin vaatimuksiin ja siten saada kilpailuetua jatkuvasti kovenevilla markkinoilla. Konfiguroitavien ja modulaaristen tuoterakenteiden suunnittelu ja tehokas tiedonhallinta luovat pohjan toimivalle massaräätälöinnille.

Asiakaskohtaisesti räätälöityihin tuotteisiin siirtyminen ei ole pelkästään tuotekehityksen ja myynnin vastuulla, vaan jatkuva toiminnan kehittäminen on osa koko yrityksen toimintaa.

Opinnäytetyön esimerkkiprojektissa tarkasteltiin Lahti Precision Oy:n tuotteisiin lukeutuvan hihnavaakasyöttimen kehitysprojeffin toteutusta massaräätälöinnin ja siihen liittyvien toimenpiteiden osalta. Aihe rajautui projektista osaltaan yrityksessä massaräätälöintiä kohtaan olevan kiinnostuksen johdosta. Konfigurointi toteutettiin käyttäen Lean System -toiminnanohjausjärjestelmän tarjoamia konfigurointitoiminnallisuuksia, jotka mahdollistavat massaräätälöintiin siirtymisen helposti ilman järjestelmäliitoksia ja valmiina olevan tiedon tehokkaan hyödyntämisen.

Lopputuloksena saatiin tuotettua toiminnallisuudet, joilla laitteelle halutut ominaisuudet valitsemalla saadaan tuotettua valmistusrakenne projektin alussa määritettyjen linjausten mukaisesti.

Kehitystyö konfiguroitaviin tuotteisiin siirtymiseksi jatkuu yrityksessä yhä.

## LÄHTEET

Ahoniemi, L., Mertanen, M. & Mäkipää, M. 2007. Massaräätelöinnillä kilpailukykyä. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Gardner, D. 2009. Mass Customization: An Enterprise Wide Business Strategy. Cupertino, California, USA: Happy About.

Kuva 1. Lahti Precision. 2018. [viitattu 29.1.2018]. Saatavissa:

<https://www.lahtiprecision.com>

Kuva 2. Lahti Precision Oy. 2014. Lahti Precision belt scales. Reability and precision for demanding industrial environment. Lahti. Esite.

Kuva 3. Kuvakaappaus Solidworks -mallinnusohjelmasta. 2017.

Kuvat 4 – 8. Kuvakaappaus Lean System -ohjelmasta. 2017.

Kuvio 1. Logistiikan maailma. 2018. Massaräätelöinti. [viitattu 30.1.2018]. Saatavissa:

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/massaraatalointi/>

Kuvio 7. Jaakonaho, S. 2018.

Kuvio 5. Drawpack. 2011. Six Types of Modularity for the Mass Customization of Products and Services. [viitattu 2.1.2018]. Saatavissa:

<https://www.slideshare.net/anicalena/market-based-management-business-presentations>

Kuvio 6. Modularmanagement. 2018. Scania cap: Modularity KPI's. [viitattu 28.1.2018]. Saatavissa:

<https://modularmanagement.com/us/blog/article/modularity-a-growing-management-tool-because-it-delivers-real-value/>

Lahti Precision Oy. 2018. [viitattu 19.3.2018]. Saatavissa:

<https://www.lahtiprecision.com>

Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. Espoo: Amartekno Oy.

Sarinko, K. 1999. Asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteiden massaräätälöinti, konfigurointi ja modulointi. Helsingin teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Diplomityö. [viitattu 2.1.2018]. Saatavissa: <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/papers/Sari99Mas.pdf>

Tiihonen, J. & Soininen, T. 1997. Product Configurators – Information System Support for Configurable Products. [viitattu 2.1.2018]. Saatavissa: <https://www.cs.helsinki.fi/u/jutiihon/publications/Tiihonenetal1998Configurationscelsart.pdf>

